

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 05-109601

(43)Date of publication of application : 30.04.1993

(51)Int.Cl.

H01L 21/027

G03F 1/08

G03F 7/20

(21)Application number : 03-293920

(71)Applicant : NIKON CORP

(22)Date of filing : 15.10.1991

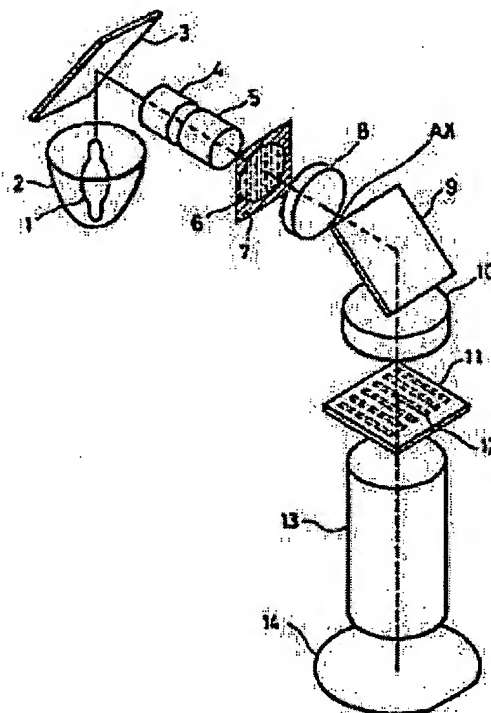
(72)Inventor : SHIRAIISHI NAOMASA

## (54) ALIGNER AND EXPOSURE METHOD

## (57)Abstract:

PURPOSE: To provide an aligner and an exposure method wherein the image of the optical contrast of a fine pattern can be transferred.

CONSTITUTION: A beam of irradiation light from a light source 1 is incident on a polarization plate 6 via an oval mirror 2, a mirror 3, a condenser lens 4 and an optical integrator 5. The polarization plate 6 is supported by a support utensil 7; it can be turned around an optical axis Ax or an axis which is parallel to it; the polarization direction of a transmitted light flux can be set arbitrarily. The beam of irradiation light is converted into a beam of linearly polarized light which is vibrated in a direction parallel to the lengthwise direction of a line-and-space pattern on a photomask 11; it is guided to a condenser lens 8 and a mirror 9; a pattern 12 on the rear surface of the mask 11 is irradiated. A beam of transmitted and diffracted light from the mask 11 is condensed by means of a projection optical system 13; the image of the pattern 12 is formed on a wafer 14.



\* NOTICES \*

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

CLAIMS

---

[Claim(s)]

[Claim 1]An exposure device having a polarizing member which controls a polarization condition of illumination luminous flux to said photo mask in an exposure device which has an illumination-light study system which illuminates a photo mask.

[Claim 2]An exposure device of Claim 1, wherein said polarizing member is constituted by 1/2 wavelength plate or 1/4 wavelength plate.

[Claim 3]An exposure method controlling a polarization condition of illumination light to said photo mask according to said pattern in an exposure method which transfers a pattern formed in said photo mask by illuminating a photo mask on an induction substrate.

[Claim 4]An exposure method using a phase shift mask which has a pattern which consists of a light transmission section and a phase shift part to which phase-parts material which changes a phase of the transmitted light to this light transmission section was added as said photo mask.

---

[Translation done.]

## \* NOTICES \*

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

## DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Industrial Application]This invention relates to the exposure transfer technology of minute patterns, such as a semiconductor integrated circuit pattern.

[0002]

[Description of the Prior Art]In order to carry out exposure transfer of the minute patterns, such as a semiconductor integrated circuit pattern, to induction substrates, such as a wafer in which it was applied to the resist, conventionally, transmitted illumination of the photo mask (it is also called a reticle) was carried out, and the method of projecting a mask pattern on a wafer surface has been performed. Under the present circumstances, when controlling the polarization condition of the illumination light by the conventional exposure method positively was not performed but it used the strong laser light source of coherence, changing linear polarization into circular light or random polarization in order to reduce a speckle was the grade currently made.

[0003]These days, a projection optical system is made to intervene between a photo mask and induction substrates (wafer etc.), and although the method of carrying out image formation projection (especially reduction projection) of the mask pattern to a wafer surface is common, controlling the polarization condition of the illumination light on a pattern \*\*\*\*\* positive target also in this case is not performed.

[0004]The phase shift mask which, on the other hand, added the phase-parts material to which the phase of the transmitted light is changed to a part of light transmission section as a photo mask suitable for transfer of a minute pattern is known. If this phase shift mask is used, even if it is a common exposure device, resolution and the depth of focus will improve.

[0005]For example, a projection aligner is used, and supposing the wafer side numerical aperture of a projection optical system is  $NA_w$  and an exposure wavelength is  $\lambda$ , it is made [ that even the pattern of the detailed pitch of  $0.5 \lambda / NA_w$  is resolvable, and ] theoretic with the phase shift mask.

[0006]

[Problem to be solved by the invention]However, even if it uses a projection aligner and a phase shift mask which were mentioned above, actual resolution (resolution which actually separates a resist pattern) is not so high as the resolution on a principle.

[0007]Since thickness is among the resists applied to a wafer surface as one of the cause of this, it is mentioned that the depth of focus only for that thickness is indispensable to resolve a resist layer, and various examination is made about this point.

[0008]However, in the conventional exposure device, since the polarization condition of the illumination light other than the problem of the above-mentioned depth of focus is unsuitable (detailed after-mentioned), there is an essential problem that the contrast of an image falls. With a projection aligner especially with a large numerical aperture (NA), a contacted type, or proximity type equipment, this problem becomes very serious.

[0009]This invention is made in view of this point, and an object of invention is to provide the exposure device and exposure method which can acquire the image of the high contrast of a minute pattern by perceiving the polarization condition of the illumination light which was not examined until now.

[0010]

[Means for solving problem]The exposure device by invention of Claim 1 is provided with the polarizing member which controls the polarization condition of the illumination luminous flux to said photo mask, in order to have an illumination-light study system for illuminating a photo mask and to attain above-mentioned SUBJECT.

[0011]The exposure method by invention of Claim 3 controls the polarization condition of the illumination light to said photo mask according to said pattern, in order to face carrying out exposure transfer of the pattern formed in the photo mask by illuminating a photo mask on an induction substrate and to attain above-mentioned SUBJECT.

[0012]

[Function]An operation of this invention is explained with reference to drawing 3. Drawing 3 (A) is a top view of the mask which has the line and space pattern located in a line in the direction of one dimension, and drawing 3 (B) is an optical-path figure for which signs that the illumination light  $L_i$  enters almost vertically to the mask of (A), and image formation of the image is carried out to the wafer 14 by the projection optical system 13 are shown.

[0013]Here the mask 11 shown in drawing 3 (A), Supposing a phase shift mask (for example, indicated by JP,S62-50811,B) has the phase-parts material 12a to which only  $\pi(2m+1)$  ( $m$  is an integer) changes the phase of the transmitted light at least as for spatial frequency abnormal-conditions type one which was arranged in the fixed pitch. Since the 0th diffracted-light comrade who penetrated the covering part and the non-covering part of the phase component 12a, respectively is offset, the diffracted light generated from the mask pattern 12 in drawing 3 (B) mainly becomes primary [ + ] diffracted-light  $D_p$  and -diffracted-light [ primary ]  $D_m$ . It is condensed by the projection optical system 13, and these 2 light flux results in the wafer 14, and forms an interference fringe here. This interference fringe is drawing 3 (C). They are the images 15a and 15b (by a diagram, shown as intensity distribution) of the mask pattern 12 shown in (D).

[0014]The polarization direction of the illumination light  $L_i$  is considered at this time. Drawing 3 (C) is a key map in which the

polarization direction (direction of an electric field vector) of the illumination light  $L_i$  shows the situation of the image formation in the case (what is called S polarization) of being parallel to the longitudinal direction of the perpendicularity 12, i.e., a pattern, at space. In this case, it becomes vertical to the polarization direction mist poster side of each diffracted light (primary [ \*\* ] diffracted-light  $D_p$ ,  $D_m$ ) generated from the pattern surface side of a photo mask. On the wafer 14, amplitude addition (coherence addition) of this two diffracted-lights  $D_p$  and the  $D_m$  is carried out.

[0015] In drawing 3 (C), since direction of the electric field vector of primary [ + ] light  $D_p$  and -light [ primary ]  $D_m$  is parallel, if both direction is equal, and a size is set to 1 and the size of the sum has 2 and reverse direction, the size of the sum will be set to 0. Therefore, on a wafer, contrast 100% of the image 15a which consists of the maximum of 4 ( $=|2|^2$  or  $|-2|^2$ ) and the minimum of 0 ( $=|0|^2$ ) will be formed as intensity.

[0016] On the other hand, drawing 3 (D) is when the polarization direction of the illumination light  $L_i$  is parallel to space (P polarization), therefore its plane of polarization of primary [ \*\* ] diffracted-light  $D_p$  and  $D_m$  is also parallel to space. Also in this case, although amplitude addition of primary [ \*\* ] diffracted-light  $D_p$  and the  $D_m$  is carried out on the wafer 14, since both polarization direction is not parallel (it shifts from parallel only the twice of the incidence angle  $\theta$ ), a different interference from the case (drawing 3 (C)) of the image formation by S polarization is caused. The maximum of the absolute value of the amplitude sum in drawing 3 (D) is set to  $2\cos\theta$ , and the minimum is set to  $2\sin\theta$ .

[0017] Therefore, the strong maximum is set to  $4\cos^2\theta$ , the minimum is set to  $4\sin^2\theta$ , and the interference fringe 15b in which contrast is lower than the case of drawing 3 (C) arises. For example, if the incidence angle  $\theta$  to the 14th page of a wafer is 30 degrees, maximum strength will be set to  $4 \times (3^{1/2}/2)^2 = 3$ , the minimum intensity will be set to  $4 \times (0.5)^2 = 1$ , and contrast will have only  $(3-1)/(3+1) = 50\%$ .

[0018] In actual exposure, the light volume in photoresist poses a problem and inclination  $\theta'$  of primary [ \*\* ] diffracted-light  $D_p$  in a resist and  $D_m$ . Since it becomes  $\sin\theta' = \sin\theta/n$  ( $n$  is a refractive index of a resist), it will be set to  $\sin\theta' = 0.3125$ ,  $\cos\theta' = 0.9499$  ( $\theta = 30$  degrees of incidence angles) if the refractive index  $n$  of a resist is 1.6. At this time, the strong maximum is  $4 \times \cos^2\theta' = 3.609$ , the minimum is  $4 \times \sin^2\theta' = 0.391$ , and contrast is  $(3.609 - 0.391)/(3.609 + 0.391) = 80\%$ .

[0019] On the other hand, in the case of the image formation by S polarization of drawing 3 (C), naturally in a resist, the contrast of an image is 100%.

[0020] Therefore, when the pattern formed in the mask is a line and space pattern, higher image contrast will be obtained by arranging the polarization direction (electric field vector) of the illumination light in the direction parallel to the longitudinal direction of a pattern. In the exposure device currently used conventionally, although image formation is carried out in the state of the average of S polarization and P polarization, controlling the illumination light according to a pattern enables it to raise the contrast of an image.

[0021] Although the position shift mask was used as a photo mask in drawing 3, the operation by which pattern formation was carried out only by the shielding member which consists of chromium etc. and which was mentioned above even if it was usually a mask is the same, it is arranging the polarization direction of the illumination light in the direction parallel to the longitudinal direction of a pattern, and the contrast of an image increases. Even if it is an exposure device of not only when performing image formation projection by a projection optical system, but a proximity system, improvement in contrast is achieved similarly.

[0022] And even if the effect by controlling the polarization direction of the illumination light is an exposure device of what kind of form, it is so large that the pattern which should be transferred on a wafer is detailed. Considering that it is set to  $\sin^2\theta = \cos^2\theta$ , and contrast is set to 0, this is clear, if  $\theta$  in a figure will become large with the miniaturization of a pattern, for example in the example of drawing 3 and  $\theta$  (actually  $\theta'$ ) will be 45 degrees in the image formation by P polarization.

[0023] In order to perform image formation by S polarization in a projection aligner, controlling the polarization condition of the light which has arranged the polarizing member to the Fourier transformation plane of a projection optical system, and penetrated the mask is also considered, but. When the illumination light is in the average state of S polarization and P polarization, a polarizing member will absorb one half of the light volume of the illumination light, and the influence on the image formation performance by the endothermic of a polarizing member poses a problem. For this reason, not the light flux after a mask penetration but the polarization condition of the illumination light shall be controlled by this invention.

[0024]

[Working example] Drawing 1 is a block diagram of the exposure device by the embodiment of this invention, and the polarizing plate 6 is formed into the illumination-light study system in this example. In a figure, the illumination light emitted from the light sources 1, such as a mercury lamp, enters into the polarizing plate 6 via the elliptic mirror 2, the mirror 3, the condenser 4, and the optical integrator 5. This polarizing plate 6 is supported by the support 7, and is pivotable considering optic-axis  $A_x$  or an axis parallel to it as a center. The motor (un-illustrating) etc. which were formed on the support 7 perform this rotation. Therefore, the illumination luminous flux which penetrates the polarizing plate 6 turns into light flux of the polarization direction (linear polarization) according to the hand of cut of this polarizing plate 6.

[0025] The light flux which passed the polarizing plate 6 is led to the condenser lenses 8 and 10 and the mirror 9, and illuminates the pattern (undersurface) 12 on the photo mask (reticle) 11. It is condensed, and image formation of the penetration from the photo mask 11 and the diffracted light is carried out by the projection optical system 13, and they connect the image of the mask pattern 12 to the wafer 14. Under the present circumstances, since linear polarization will be changed into elliptically polarized light when the mirror 9 in drawing 1 shifts from the position which becomes vertical or parallel to the vibrating direction of the illumination light, it is necessary to care about this point.

[0026] Here, the mask pattern 12 was used as a one-dimensional line ANDOHA pace pattern like a graphic display. In a actual semiconductor integrated circuit pattern, all the patterns are one-dimensional line and space patterns, and directivity is not necessarily equal, and when it is a memory circuit, for example, a detailed pattern is an almost one-dimensional line and space pattern, and the directivity is also an equal mostly in one mask. A size of patterns other than a one-dimensional line and space pattern is large compared with a line and space pattern.

[0027] Therefore, by arranging a polarization direction of illumination light with a longitudinal direction of the mask pattern 12, and

parallel with the polarizing plate 6, contrast of a detailed line and space pattern image can be improved, and a miniaturization of an integrated circuit becomes possible. Since the degree of detail of a pattern is comparatively loose except a detailed one-dimensional line and space pattern, even if polarization of illumination light is not correctly optimized to a pattern, falls of contrast to produce are few.

[0028] Here, in drawing 1, although the light source 1 was used as a mercury lamp, they may be other lamps and laser light sources. When especially a light source is the laser which ejects linear polarization or circular light, 1/2 wavelength plate and 1/4 wavelength plate can be used as a component for controlling a polarization condition.

[0029] Drawing 2 (A) is an explanatory view showing an example of a polarizing member in a case of using laser as a light source. In a figure, incident light  $L_0$  (light flux from a light source) which is linear polarization (a polarization direction is a space sliding direction) enters into the 1/2 wavelength plate 6a. At this time, the direction of a reference axis of the 1/2 wavelength plate 6a (two-dot chain line in a figure) and a polarization direction of incident light  $L_0$  assume that only  $\theta$  leans. As a result, a polarization direction of exit light  $L_1$  becomes that to which only  $2\theta$  inclined to a polarization direction of incident light  $L_0$ . Therefore, a polarization direction of exit light  $L_1$  can be set up in the arbitrary directions by rotating the 1/2 wavelength plate 6a in a field vertical to illumination light with the holding fixture 7.

[0030] As a reference axis of the 1/2 wavelength plate 6a is shown in drawing 2 (B), the transmitted light of a polarization direction parallel to a reference axis (two-dot chain line) is received. Optical path length difference of  $l_1 = m\lambda + \alpha$  was given, and it was considered as an axis which gives light path length of  $l_2 = m\lambda + \alpha + \lambda/2 = l_1 + \lambda/2$  to the transmitted light of a vertical polarization direction.

[0031] When light emitted from a light source is not linear polarization but circular light, a polarization direction of exit light can be similarly controlled with drawing 2 having explained by using 1/4 wavelength plate instead of 1/2 wavelength plate. In this case, light flux ejected serves as linear polarization according to the rotary place direction of 1/4 wavelength plate.

[0032] As mentioned above, if 1/2 wavelength plate and 1/4 wavelength plate are used as a polarizing member using laser which ejects linear polarization or circular light as a light source, without losing light volume from a light source, a polarization direction can be changed in the optimal direction and it can lead to a mask. On the other hand, since light volume after polarizing member passage becomes half theoretically when a lamp is used as a light source (when light of an unpolarized light state is emitted from a light source), it is necessary to care about this point.

[0033] As for an incoming beam, when using 1/4 wavelength plate and 1/2 wavelength plate as a polarizing member, it is desirable that it is close to a parallel pencil. Therefore, 1/4 wavelength plate and 1/2 wavelength plate are not after optical integrator 5 injection in drawing 1, and it is preferred to set; for example to the light source (laser light source) side from the relay lens 4. This arrangement may be applied to a case where light sources, such as a mercury lamp, are used.

[0034]

[Effect of the Invention] According to the mask pattern, especially a detailed one-dimensional line and space pattern, the polarization condition of the illumination light is controlled by this invention like above.

Therefore, the coherence of the diffracted light from a pattern formation face increases, and it becomes possible to transfer the image of the minute pattern of very high contrast on an induction substrate.

Under the present circumstances, if a phase shift mask is used, the contrast of an image can be raised further. If it faces controlling the polarization condition of the illumination light, 1/[1/2 or] 4 wavelength plate is used as a polarizing member and laser is used as a light source, the amount of illumination light will not be lost.

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

JP0 and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

DESCRIPTION OF DRAWINGS

---

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is a block diagram of the exposure device by this invention embodiment.

[Drawing 2] (A) (B) is an outside figure for explaining the polarizing member in the case of using laser for a light source.

[Drawing 3] (A) - (D) is a key map for explaining an operation of this invention.

[Explanations of letters or numerals]

- 1 Light source
  - 2 Elliptic mirror
  - 3 and 9 Mirror
  - 4 Condenser
  - 5 Optical integrator
  - 6 Polarizing plate
  - 6a 1/2 wavelength plate
  - 7 Support
  - 8 and 10 Condenser lens
  - 11 Photo mask (reticle)
  - 13 Projection optical system
  - 14 Wafer
- 

[Translation done.]

\* NOTICES \*

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.\*\*\* shows the word which can not be translated.

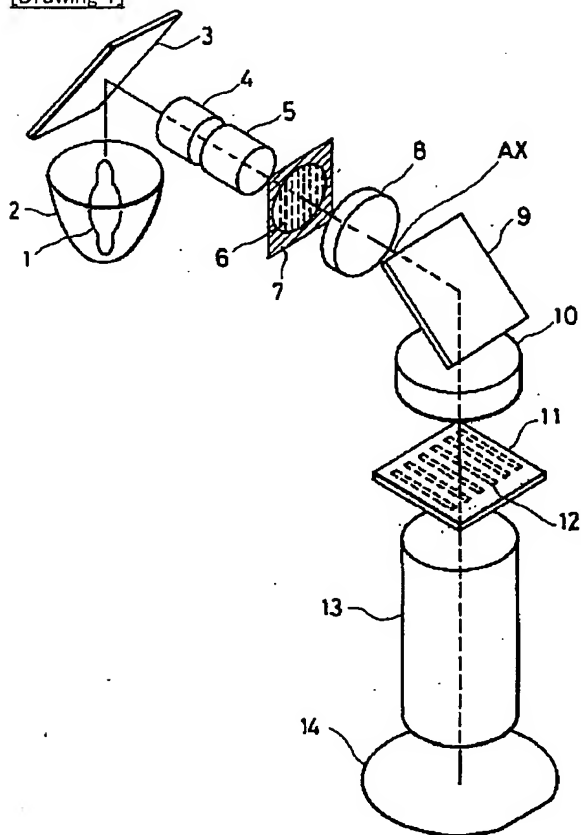
3.In the drawings, any words are not translated.

---

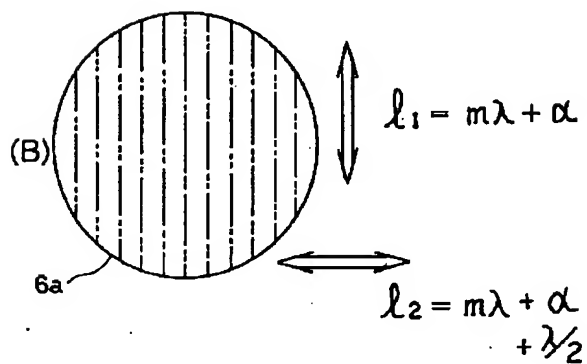
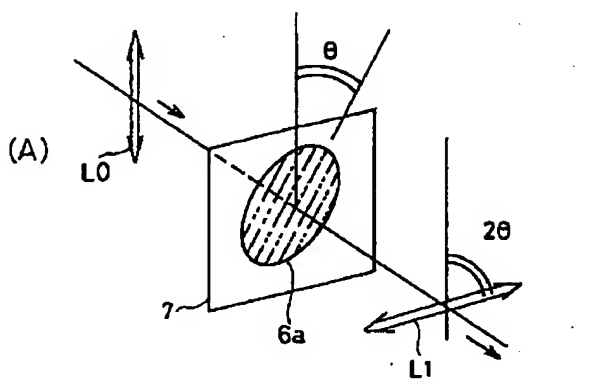
DRAWINGS

---

[Drawing 1]

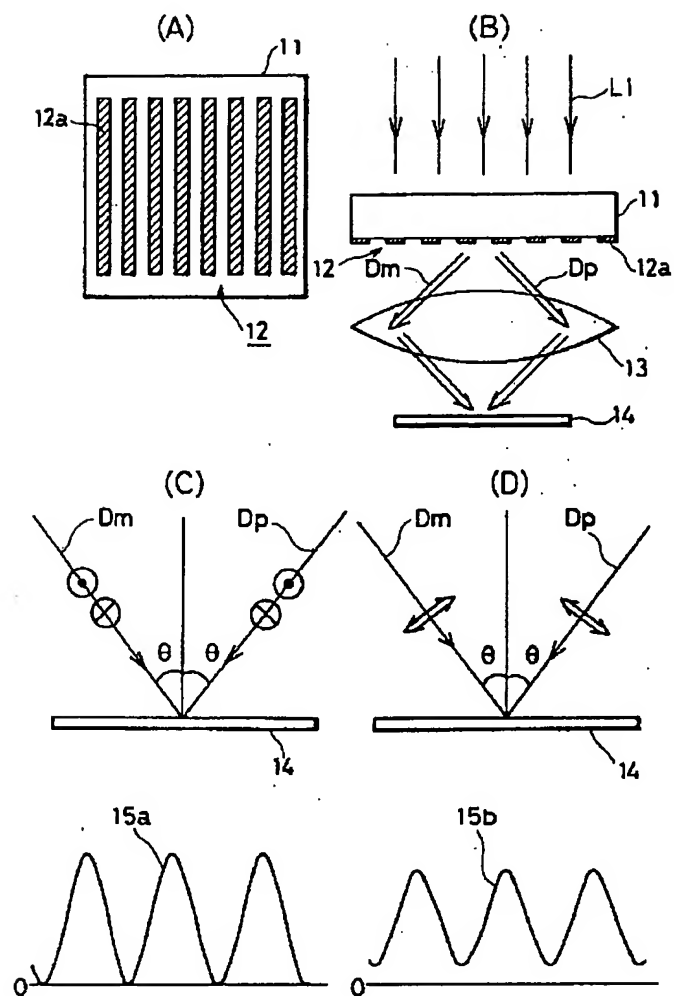


[Drawing 2]



[Drawing 3]





[Translation done.]

(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-109601

(43)公開日 平成5年(1993)4月30日

(51)Int.Cl. <sup>5</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L 21/027				
G 0 3 F 1/08		Z 7369-2H		
7/20	5 2 1	7818-2H		
		7352-4M	H 0 1 L 21/ 30	3 1 1 L
		7352-4M		3 0 1 P
審査請求 未請求 請求項の数4(全 6 頁) 最終頁に続く				

(21)出願番号 特願平3-293920

(22)出願日 平成3年(1991)10月15日

(71)出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72)発明者 白石 直正

東京都品川区西大井1丁目6番3号 株式

会社ニコン大井製作所内

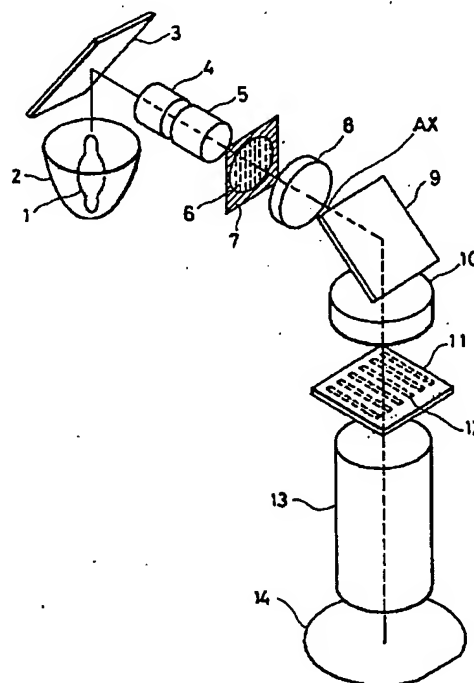
(74)代理人 弁理士 佐藤 正年 (外1名)

(54)【発明の名称】 露光装置及び露光方法

(57)【要約】

【目的】 微細パターンの光コントラストの像を転写できる露光装置及び露光方法を提供する。

【構成】 光源1からの照明光は、楕円鏡2、ミラー3、集光レンズ4、オプティカルインテグレーター5を介して偏光板6に入射する。偏光板6は支持具7により支持され、光軸Axあるいはそれと平行な軸を中心として回転可能になっており、透過光束の偏光方向を任意に設定できる。照明光は偏光板6によって、フォトマスク11のラインアンドスペースパターンの長手方向と平行な方向に振動する直線偏光に変換され、コンデンサーレンズ8、9、ミラー9に導かれてマスク11下面のパターン12を照明する。マスク11からの透過、回折光は投影光学系13によって集光結像され、ウェハ14上にマスクパターン12の像を結ぶ。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 フォトマスクを照明する照明光学系を有する露光装置において、前記フォトマスクへの照明光束の偏光状態を制御する偏光部材を備えたことを特徴とする露光装置。

【請求項2】 前記偏光部材は1/2波長板または1/4波長板により構成されることを特徴とする請求項1の露光装置。

【請求項3】 フォトマスクを照明することにより、前記フォトマスクに形成されたパターンを感光基板上に転写する露光方法において、前記フォトマスクへの照明光の偏光状態を、前記パターンに応じて制御することを特徴とする露光方法。

【請求項4】 前記フォトマスクとして、光透過部と該光透過部に透過光の位相を変化させる位相部材が付加された位相シフト部とからなるパターンを有する位相シフトマスクを用いることを特徴とする露光方法。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、半導体集積回路パターン等の微細パターンの露光転写技術に関するものである。

【0002】

【従来の技術】半導体集積回路パターン等の微細パターンをレジストが塗布されたウエハ等の感光基板上に露光転写するためには、従来、フォトマスク（レチクルとも言う）を透過照明して、ウエハ面にマスクパターンを投影する方法が行われてきた。この際、従来の露光方法では、照明光の偏光状態を積極的に制御するということとは行われておらず、干渉性の強いレーザ光源を使用する場合に、スペckルを低減する目的で直線偏光を円偏光やランダム偏光に変換するといことがなされている程度であった。

【0003】また、最近では、フォトマスクと感光基板（ウエハ等）の間に投影光学系を介在させ、マスクパターンをウエハ面に結像投影（特に縮小投影）する方法が一般的となっているが、この場合も照明光の偏光状態をパターンに応じて積極的に制御するということとは行われていない。

【0004】一方、微細パターンの転写に適したフォトマスクとして、光透過部の一部に透過光の位相を変化させる位相部材を付加した位相シフトマスクが知られている。この位相シフトマスクを使用すると、一般的な露光装置であっても解像度や焦点深度が向上する。

【0005】例えば、投影露光装置を使用し、投影光学系のウエハ側開口数が $NA_w$ 、露光波長が $\lambda$ であるとすると、位相シフトマスクにより原理的には $0.5\lambda/NA_w$ の微細なピッチのパターンまで解像可能であるとされている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上述したような投影露光装置と位相シフトマスクを用いたとしても、実際の解像度（実際にレジストパターンを分離する解像度）は、原理上の解像度程高くない。

【0007】この原因の1つとしては、ウエハ面に塗布されるレジストには厚みがあるため、レジスト層を解像するには最低限その厚み分だけの焦点深度が必要なことが挙げられ、この点については種々の検討がなされている。

【0008】しかし、従来の露光装置では、上記の焦点深度の問題の他に、照明光の偏光状態が不適当（詳細後述）であるために像のコントラストが低下するという本質的な問題がある。特に開口数（ $NA$ ）の大きな投影露光装置、或いはコンタクト型、またはプロキシミティー型の装置ではこの問題はきわめて重大となる。

【0009】この発明は、かかる点に鑑みてなされたものであり、これまで検討されてこなかった照明光の偏光状態に着眼することによって、微細パターンの高コントラストの像を得ることのできる露光装置及び露光方法を提供することを目的とするものである。

【0010】

【課題を解決するための手段】請求項1の発明による露光装置は、フォトマスクを照明するための照明光学系を有し、上記の課題を達成するために、前記フォトマスクへの照明光束の偏光状態を制御する偏光部材を備えたものである。

【0011】また、請求項3の発明による露光方法は、フォトマスクを照明することにより、フォトマスクに形成されたパターンを感光基板上に露光転写するに際して、上記の課題を達成するために、前記フォトマスクへの照明光の偏光状態を、前記パターンに応じて制御するものである。

【0012】

【作用】図3を参照して、本発明の作用を説明する。図3(A)は、一次元方向に並んだラインアンドスペースパターンを有するマスクの平面図であり、図3(B)は(A)のマスクに対してほぼ垂直に照明光 $L_1$ が入射し、かつ投影光学系13によってその像がウエハ14に結像される様子を示す光路図である。

【0013】ここで、図3(A)に示されたマスク11は、透過光の位相を $(2m+1)\pi$ （ $m$ は整数）だけ変化させる位相部材12aが一定のピッチで配列された空間周波数変調型の位相シフトマスク（例えば特公昭62-50811号公報に開示されている）あるとすると、位相部材12aの被着部と非被着部をそれぞれ透過した零次回折光同志は相殺されるので、図3(B)においてマスクパターン12より発生する回折光は主として+1次回折光 $D_+$ と-1次回折光 $D_-$ になる。これら2光束は投影光学系13により集光されウエハ14に至り、ここに干渉縞を形成する。この干渉縞が図3(C)、(D)に示

すマスクパターン12の像15a, 15b (図では強度分布として示されている)である。

【0014】このとき照明光Liの偏光方向について考える。図3(C)は照明光Liの偏光方向(電場ベクトルの向き)が紙面に垂直、即ちパターン12の長手方向と平行である場合(いわゆるS偏光)の結像の様子を示す概念図である。この場合、フォトマスクのパターン面から発生する各回折光( $\pm 1$ 次回折光 $D_p$ ,  $D_s$ )の偏光方向もやはり紙面に垂直となる。ウェハ14上においてはこの2本の回折光 $D_p$ ,  $D_s$ が振幅加算(コヒーレンス加算)される。

【0015】図3(C)では+1次光 $D_p$ 、-1次光 $D_s$ の電場ベクトルの向きは平行であるため、両者の向きが等しく、かつ大きさを1とすれば、その和の大きさは2、向きが逆であれば、その和の大きさは0となる。従って、ウェハ上では強度として、 $4(=|2|^2)$ あるいは $|-2|^2$ の最大値と、 $0(=|0|^2)$ の最小値からなるコントラスト100%の像15aが形成されることになる。

【0016】一方、図3(D)は照明光Liの偏光方向が紙面に平行な場合(P偏光)であって、従って $\pm 1$ 次回折光 $D_p$ ,  $D_s$ の偏光面も紙面に平行である。この場合にもウェハ14上において、 $\pm 1$ 次回折光 $D_p$ ,  $D_s$ は振幅加算されるが、両者の偏光方向が平行でないため(入射角 $\theta$ の倍だけ平行からずれる)、S偏光による結像の場合(図3(C))とは異なった干渉を起こす。図3(D)における振幅和の絶対値の最大は $2\cos\theta$ 、最小は $2\sin\theta$ となる。

【0017】従って、強度の最大は $4\cos^2\theta$ 、最小は $4\sin^2\theta$ となり、図3(C)の場合よりコントラストの低い干渉縞15bが生じる。例えば、ウェハ14面への入射角 $\theta$ が $30^\circ$ であれば、最大強度は $4 \times (3^{1/2}/2)^2 = 3$ 、最小強度は $4 \times (0.5)^2 = 1$ となり、コントラストは $(3-1)/(3+1) = 50\%$ しかない。

【0018】実際の露光においては、レジスト中の光量が問題となり、レジスト中の $\pm 1$ 次回折光 $D_p$ ,  $D_s$ の傾き $\theta'$ は、 $\sin\theta' = \sin\theta/n$ ( $n$ はレジストの屈折率)となるので、レジストの屈折率 $n$ が1.6であれば、 $\sin\theta' = 0.3125$ ,  $\cos\theta' = 0.9499$ (入射角 $\theta = 30^\circ$ )となる。このとき、強度の最大は $4 \times \cos^2\theta' = 3.609$ 、最小は $4 \times \sin^2\theta' = 0.391$ であり、コントラストは、 $(3.609-0.391)/(3.609+0.391) = 80\%$ である。

【0019】一方、図3(C)のS偏光による結像の場合、当然レジスト中においても像のコントラストは100%である。

【0020】従って、マスクに形成されたパターンがラインアンドスペースパターンのとき、パターンの長手方

向と平行な方向に照明光の偏光方向(電場ベクトル)を描えることで、より高い像コントラストが得られることになる。従来使用されている露光装置では、S偏光とP偏光の平均状態で結像されるが、照明光をパターンに応じて制御することで、像のコントラストを向上させることが可能となる。

【0021】図3ではフォトマスクとして位置シフトマスクを使用した。クロム等からなる遮光部材だけでパターン形成された通常マスクであっても上述した作用は同様であり、照明光の偏光方向をパターンの長手方向と平行な方向に揃えることで、像のコントラストが高まる。また、投影光学系による結像投影を行なう場合だけでなく、プロキシミティー方式の露光装置であっても同様にコントラストの向上が図られる。

【0022】そして、照明光の偏光方向を制御することによる効果は、どのような形式の露光装置であっても、ウェハ上に転写すべきパターンが微細である程大きい。このことは、例えば図3の例において図中の $\theta$ がパターンの微細化と共に大きくなり、P偏光による結像では、 $\theta$ (実際には $\theta'$ )が $45^\circ$ になると、 $\sin^2\theta = \cos^2\theta$ となってコントラストが0となることを考えれば明白である。

【0023】なお、投影露光装置においてS偏光による結像を行なうためには、投影光学系のフーリエ変換面に偏光部材を配置してマスクを透過した光の偏光状態を制御することも考えられるが、照明光がS偏光とP偏光の平均状態である場合、偏光部材は照明光の $1/2$ の光量を吸収することになり、偏光部材の吸熱による結像性能への影響が問題となる。このため、本発明ではマスク透過後の光束ではなく、照明光の偏光状態を制御するものとしている。

【0024】

【実施例】図1は本発明の実施例による露光装置の構成図であり、本実施例では照明光学系中に偏光板6を設けている。図において、水銀ランプ等の光源1より放射された照明光は楕円鏡2、ミラー3、集光レンズ4、オプティカルインテグレーター5を介して、偏光板6に入射する。この偏光板6は支持具7により支持され、かつ、光軸 $A_x$ あるいは、それと平行な軸を中心として回転可能となっている。この回転は支持具7上に設けられたモーター(不図示)等により行なう。従って偏光板6を透過する照明光束は、この偏光板6の回転方向に応じた偏光方向(直線偏光)の光束となる。

【0025】偏光板6を通過した光束は、コンデンサーレンズ8, 10、ミラー9に導かれてフォトマスク(レチクル)11上の(下面の)パターン12を照明する。フォトマスク11からの透過、回折光は投影光学系13により集光、結像され、ウェハ14にマスクパターン12の像を結ぶ。この際、図1中のミラー9が照明光の振動方向に対して垂直又は平行となる位置からずれると、

直線偏光が楕円偏光に変換されることになるので、この点に留意する必要がある。

【0026】ここで、マスクパターン12は図示の如く、1次元のラインアンドスペースパターンとした。実際の半導体集積回路パターンにおいては、すべてのパターンが一次元ラインアンドスペースパターンで、かつ方向性も等しいということはないが、例えばメモリー回路の場合、微細なパターンはほぼ一次元のラインアンドスペースパターンであり、かつその方向性も1枚のマスク中においてはほぼ等しいものである。また、一次元ラインアンドスペースパターン以外のパターンの寸法は、ラインアンドスペースパターンに比べて大きくなっている。

【0027】従って、偏光板6によって照明光の偏光方向をマスクパターン12の長手方向と平行に揃えることにより、微細なラインアンドスペースパターン像のコントラストを向上することができ、集積回路の微細化が可能になる。微細な一次元ラインアンドスペースパターン以外では、パターンの微細度が比較的ゆるいため、パターンに対して照明光の偏光が正確に最適化されていなくても、生じるコントラストの低下はわずかである。

【0028】ここで、図1においては、光源1は水銀ランプとしたが、他のランプやレーザー光源であっても良い。特に光源が直線偏光または円偏光を射出するレーザーである場合は、偏光状態を制御するための部材として1/2波長板や1/4波長板を用いることができる。

【0029】図2(A)は光源としてレーザーを用いる場合の偏光部材の例を示す説明図である。図において、直線偏光(偏光方向は紙面上下方向)である入射光 $L_0$ 。(光源からの光束)は、1/2波長板6aに入射する。このとき1/2波長板6aの基準軸方向(図中2点鎖線)と、入射光 $L_0$ の偏光方向が $\theta$ だけ傾いているものとする。この結果、射出光 $L_1$ の偏光方向は、入射光 $L_0$ の偏光方向に対して $2\theta$ だけ傾いたものとなる。従って、保持具7により1/2波長板6aを照明光に垂直な面内で回転することにより、射出光 $L_1$ の偏光方向を任意の方向に設定することができる。

【0030】なお、1/2波長板6aの基準軸は、図2(B)に示される如く、基準軸(2点鎖線)に平行な偏光方向の透過光に対しては、 $l_1 = m\lambda + \alpha$ の光路長差を与え、垂直な偏光方向の透過光に対しては、 $l_2 = m\lambda + \alpha + \lambda/2 = l_1 + \lambda/2$ の光路長を与える軸とした。

【0031】光源から放射される光が直線偏光でなく円偏光である場合は、1/2波長板の代わりに1/4波長板を使うことにより、図2で説明したと同様にして射出光の偏光方向を制御することができる。この場合、射出

される光束は、1/4波長板の回転位置方向に応じた直線偏光となる。

【0032】上記のように、光源として直線偏光または円偏光を射出するレーザーを用い、偏光部材として1/2波長板や1/4波長板を用いれば、光源からの光量を損失することなく偏光方向を最適な方向に変換してマスクに導くことができる。これに対し、光源としてランプを用いた場合(非偏光状態の光が光源から放射される場合)、偏光部材通過後の光量は原理的に半分になってしまうので、この点に留意する必要がある。

【0033】なお、偏光部材として1/4波長板、1/2波長板を使用する場合、入射光束は平行光束に近いことが望ましい。従って、1/4波長板、1/2波長板は図1中のオプティカルインテグレーター5射出後でなく、例えばリレーレンズ4より光源(レーザー光源)側に設定することが好ましい。この配置は、水銀ランプ等の光源を用いる場合に対して適用してもかまわない。

【0034】

【発明の効果】以上のように本発明においては、マスクパターン、特に微細な一次元ラインアンドスペースパターンに応じて照明光の偏光状態を制御するので、パターン形成面からの回折光の干渉性が高まり、感応基板上に極めて高いコントラストの微細パターンの像を転写することが可能となる。この際、位相シフトマスクを使用すれば、一層像のコントラストを高めることができる。また、照明光の偏光状態を制御するに際して、偏光部材として1/2または1/4波長板を使用し、光源としてレーザーを使用すれば照明光量を損失することもない。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明実施例による露光装置の構成図である。

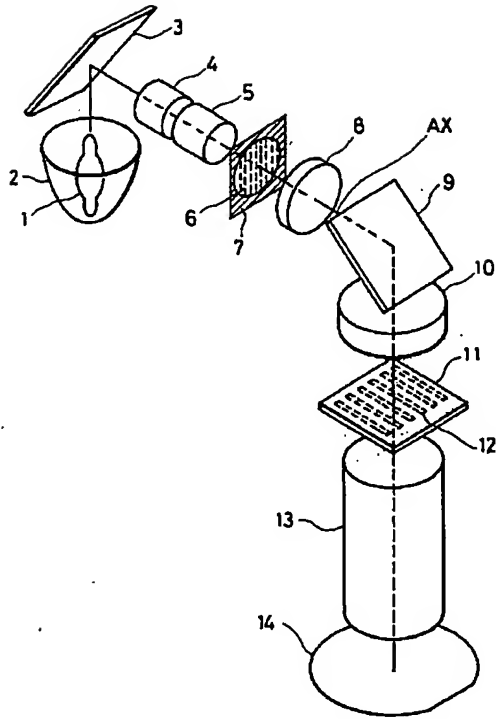
【図2】(A)、(B)は光源にレーザーを用いる場合の偏光部材について説明するための外面図である。

【図3】(A)～(D)は本発明の作用を説明するための概念図である。

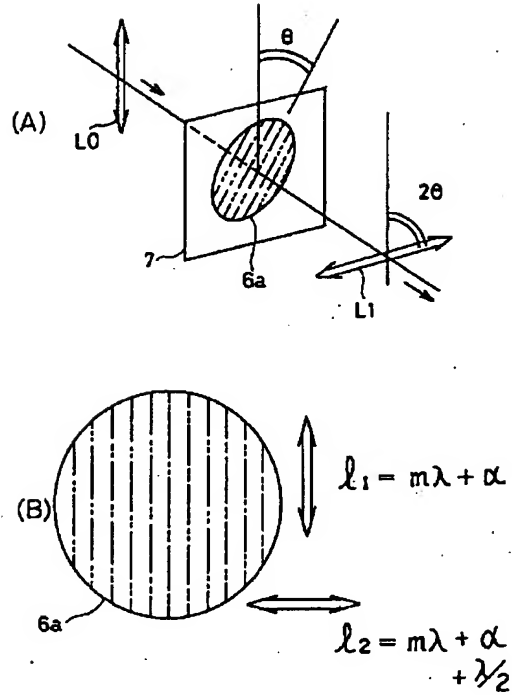
【符号の説明】

- 1 光源
- 2 楕円鏡
- 3, 9 ミラー
- 4 集光レンズ
- 5 オプティカルインテグレーター
- 6 偏光板
- 6a 1/2波長板
- 7 支持具
- 8, 10 コンデンサーレンズ
- 11 フォトマスク(レチクル)
- 13 投影光学系
- 14 ウエハ

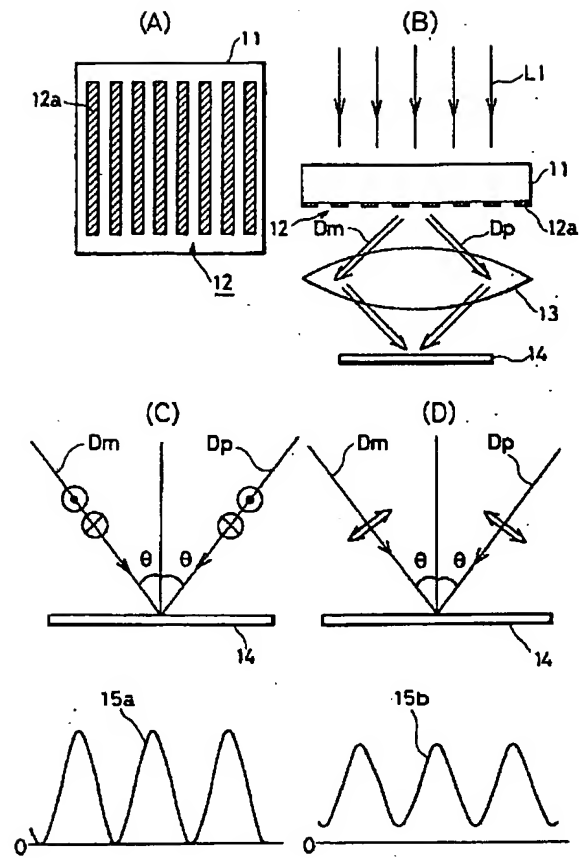
【図1】



【図2】



【図3】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.<sup>5</sup>

識別記号

庁内整理番号  
7352-4M

F I

H 0 1 L 21/30

技術表示箇所

3 1 1 W